



Pellet radioattivo

Indagine radiometrica e considerazioni di radioprotezione

Introduzione

Nel mese di giugno 2009, su segnalazione degli organi di stampa nazionali, è emerso il problema di presunte contaminazioni radioattive di matrici di *pellet* per stufe domestiche, in particolare per la regione Valle d'Aosta. Le prime informazioni riguardavano la presenza dell'isotopo artificiale ^{137}Cs sia nel *pellet* sia nelle sue ceneri di combustione. In collaborazione con il Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Pavia, si è condotta un'indagine radiometrica avente per oggetto la misura della contaminazione radioattiva del *pellet* e delle sue ceneri, valutando anche la dose efficace potenziale per gli individui della popolazione maggiormente esposti al rischio radiologico.

L'indagine radiometrica è stata condotta per mezzo di spettrometria gamma ad alta risoluzione; sono state analizzate alcune marche del prodotto disponibili sul territorio pavese e in particolare la marca "*Naturkraft Premium 6 mm*" che ha dato il via alle prime segnalazioni degli organi di stampa nella città di Aosta.

Per l'analisi sono di interesse i valori di attività specifica in Bq/kg per il radionuclide ^{137}Cs e l'indagine circa la presenza del radionuclide gemello ^{134}Cs , di stessa provenienza (eventi nucleari, es. Chernobyl). In Tabella-1 si riporta l'esito delle misurazioni condotte dal 15 al 30 giugno 2009.

Riepilogo delle misure

- a) Le misure riportate in Tabella-1 evidenziano attività specifiche del radionuclide ^{137}Cs nel *pellet* inferiori a 20 Bq/kg con una certa variabilità, secondo la provenienza.
- b) Le misure riportate in Tabella-1 evidenziano attività specifiche del radionuclide ^{137}Cs nelle ceneri di combustione di *pellet* nel range 1200-1800 Bq/kg.
- c) I rapporti di concentrazione di attività ceneri/*pellet* sono nel range 70-200. Non è sempre stato possibile associare correttamente i due tipi di campioni.
- d) Non è stata individuata alcuna traccia dell'isotopo ^{134}Cs che, tenuto conto della resa di fissione per ^{235}U e del tempo trascorso dall'evento di Chernobyl (aprile 1986), avrebbe dovuto essere ancora misurabile, vista la sensibilità strumentale utilizzata per l'indagine.
- e) Un'analisi semi-qualitativa delle concentrazioni relative $^{137}\text{Cs}/^{40}\text{K}$ indica che si tratta verosimilmente di captazione naturale di radionuclide artificiale diffuso in ambiente da parte del vegetale in fase di crescita e non di aggiunta intenzionale come alcuni organi di stampa avevano ipotizzato.



Campione	N°	Marca <i>pellet</i>	Peso (kg)	Attività ¹³⁷ Cs (Bq/kg)	Note
<i>Pellet</i>	1	Castorama (Pellecraft)	0.707	7.8	Lotto ignoto. Fornito da un privato.
<i>Pellet</i>	2	Castorama (Pellecraft)	0.360	20.5	Lotto ignoto. Fornito da un privato.
<i>Pellet</i>	3	Pelletkraft (Naturekraft)	0.699	11.9	Lotto n. 4743187010009 acquistato a Bressana (PV)
<i>Pellet</i>	4	Schosswendter	0.729	9.6	Lotto ignoto. Fornito da un privato.
<i>Pellet</i>	5	Ignota	0.748	16.8	Fornito dai VV.F. di Pavia
<i>Pellet</i>	6	Green Calor	0.530	1.5	Lotto 45/07 prodotto in Italia da legno di faggio.
<i>Pellet</i>	7	Amoké	0.744	3.2	Lotto ignoto prodotto in Croazia da legno di faggio
Ceneri	8	Ignota	0.190	1610	Fornito dai VVF Pavia - Vaiano Cremasco
Ceneri	9	Pelletkraft (Naturekraft)	0.008	1560	Ceneri provenienti dal <i>pellet</i> campione N° 3.
Ceneri	10	Schosswendter	0.023	1760	Ceneri provenienti dal <i>pellet</i> campione N° 4.
Ceneri	11	Ignota	0.132	1192	Fornito dai VV.F. di Pavia.

Tabella-1: risultati delle misure condotte dal 15 al 30 giugno

Altre informazioni

Nel corso di colloqui avuti con i VVF di Pavia sono state acquisite le seguenti informazioni:

- A. il campione di *pellet* sequestrato e misurato ad Aosta, di marca “*Naturkraft Premium 6 mm*” è segnalato avere una attività specifica di 320 Bq/kg e 40000 Bq/kg nelle ceneri di combustione;
- B. il rapporto delle attività specifiche cenere/*pellet* del campione di Aosta è 125, valore compreso nel range di variabilità effettivamente riscontrato durante questa indagine radiometrica;
- C. il consumo medio di *pellet* per stufa nel corso di una stagione è stimabile conservativamente in 20 kg/giorno per 30 settimane all’anno, per un totale di 4200 kg/anno. Questo dato deriva dalla lettura di un manuale di uso e manutenzione di una stufa da 10 kW ed è stato confermato dai VV.F. di Pavia;
- D. la combustione di *pellet* dà luogo ad un quantitativo di ceneri non superiore a 6 parti su mille in peso; il dato è riscontrabile su <http://www.pelletitalia.org/pellet.htm> ed è stato verificato dai VVF di Vercelli.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA

A parziale conclusione si può pertanto notare che la presente indagine radiometrica non ha confermato i dati forniti dagli organi di stampa; tale campione sarebbe infatti circa 23 volte “più radioattivo” di quelli misurati durante la presente indagine.

Valutazioni di dose

In questo paragrafo si descrive la valutazione di dose efficace per una persona che utilizza il *pellet* contaminato.

Le ipotesi di calcolo utilizzate sono:

1. attività specifica delle ceneri pari a 40000 Bq/kg (punto A.);
2. il quantitativo totale di cenere prodotta dalla combustione di 4200 kg/anno di *pellet* è di 25.2 kg, in virtù della resa di cenere di cui al punto D;
3. l' 1% delle ceneri manipolate si diffonde in aria; questo dato è stato ipotizzato pensando che la persona, durante il ciclo di pulizia, sia maldestra e non faccia attenzione al sollevamento di polveri dalle ceneri (v. il paragrafo Considerazioni conclusive);
4. l'attività del ^{137}Cs è uniformemente distribuita nelle ceneri;
5. la frazione di ceneri diffusa in aria è supposta occupare un volume di una sfera di raggio 0.8 metri per un volume complessivo d'aria di 2.14 m^3 , all'interno del quale la concentrazione di ceneri è supposta omogenea. La persona che svuota il cassetto pone la testa nel predetto volume per svolgere il lavoro di pulizia;
6. l'operazione di svuotamento e pulizia del cassetto della stufa dura 5 minuti e viene eseguita sempre dalla stessa persona;
7. il lavoro di pulizia delle ceneri dalla stufa è svolto con frequenza due volte la settimana da una persona adulta; vengono utilizzati i parametri dell'uomo standard in condizioni di leggero esercizio (consumo di $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ di aria, ICRP 71);
8. si tiene conto che circa il 50% dell'attività inalata viene esalata e rimossa per normale efficienza di captazione della barriera polmonare (ICRP 78);
9. il tipo di assorbimento polmonare considerato è FAST in quanto raccomandato dall'Allegato IV.8 del D.Lgs 230/95 in assenza di informazioni specifiche;
10. il coefficiente di dose efficace impegnata per inalazione di un individuo adulto della popolazione usato è quello indicato dall'Allegato IV.3: $4.6 \times 10^{-09} \text{ Sv/Bq (F)}$;
11. per l'irraggiamento esterno si suppone che una persona adulta stazioni per 5 ore al giorno ad 1 metro circa di distanza dalla stufa che contiene un quantitativo medio giornaliero di ceneri pari alla metà della quantità prodotta in un ciclo di pulizia; in virtù dei punti 2, C, 7, tale ammontare è pari a 210 g/giorno;
12. per la costante gamma specifica (Γ) del ^{137}Cs si considera il valore di $1.032 \times 10^{-13} [\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{Bq}\cdot\text{h}]$ (The Health Physics and Radiological Health Handbook, Bernard Shleien, 1992);
13. nel calcolo da irraggiamento esterno si tiene conto dell'attenuazione del 20% prodotta dalle pareti di acciaio di 0,5 cm della stufa (coefficiente di attenuazione lineare dell'acciaio pari a 0.433 cm^{-1} , NCRP 49);



14. la permeazione cutanea di ^{137}Cs per il contatto della cenere con la pelle della persona è trascurabile;
15. ai fini dell'ingestione, l'incorporazione stimata è pari ad un millesimo dell'attività totale della cenere diffusa in aria durante tutto il periodo di riferimento. L'ingestione è considerata un evento accidentale ed ha origine nella contaminazione del locale a seguito della diffusione di cenere (superfici contaminate);
16. il coefficiente di dose efficace impegnata per ingestione di un individuo adulto della popolazione usato è quello indicato dall'Allegato IV.4: $1.3 \times 10^{-08} \text{ Sv/Bq}$;
17. le presenti valutazioni non considerano l'emissione dei fumi dal camino della stufa e le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria a cura del centro assistenza.

NOTA: poiché tutto è additivo, il calcolo della dose efficace impegnata non cambia se si considerano 60 manipolazioni, due per settimana, con un sessantesimo dell'attività annuale totale oppure una singola manipolazione con l'intero inventario di cenere prodotta all'anno.

Calcolo della dose efficace impegnata per inalazione

Sulla base delle ipotesi:

$$\begin{aligned} D_{ina} &= 40000 [\text{Bq} / \text{kg}] * 25.2 [\text{kg} / \text{anno}] * \frac{1}{100} * \frac{1}{2} * 1.5 [\text{m}^3 / \text{h}] / 2.14 [\text{m}^3] * 0.083 [\text{h}] * 4.6 * 10^{-09} [\text{Sv} / \text{Bq}] = \\ &= 293.2 [\text{Bq} / \text{anno}] * 4.6 * 10^{-09} [\text{Sv} / \text{Bq}] = 1.35 [\mu\text{Sv} / \text{anno}] \end{aligned}$$

Calcolo della dose efficace per irraggiamento

Sulla base delle ipotesi:

$$\begin{aligned} A_{irm} &= 40000 [\text{Bq} / \text{kg}] * 0.21 [\text{kg} / \text{giorno}] = 8400 [\text{Bq} / \text{giorno}] \\ D_{irr} &= A_{irm} * 1.032 * 10^{-13} [\text{Sv} * \text{m}^2 / \text{Bq} * \text{h}] / 1 [\text{m}^2] * 5 [\text{h}] * e^{-0.433 * 0.5} * 210 [\text{giorni} / \text{anno}] = \\ &= 3 * 10^{-9} [\text{Sv} / \text{giorno}] * 210 [\text{giorni} / \text{anno}] = 0.73 [\mu\text{Sv} / \text{anno}] \end{aligned}$$

Calcolo della dose efficace impegnata per ingestione

Sulla base delle ipotesi:

$$\begin{aligned} D_{ing} &= 40000 [\text{Bq} / \text{kg}] * 25.2 [\text{kg} / \text{anno}] * \frac{1}{100} * \frac{1}{1000} * 1.3 * 10^{-08} [\text{Sv} / \text{Bq}] = \\ &= 10.1 [\text{Bq} / \text{anno}] * 1.3 * 10^{-08} [\text{Sv} / \text{Bq}] = 0.13 [\mu\text{Sv} / \text{anno}] \end{aligned}$$

Calcolo della dose efficace totale

Pertanto, la dose efficace totale è la seguente:

$$D_{eff} = D_{ina} + D_{irr} + D_{ing} = 2.21 [\mu\text{Sv} / \text{anno}]$$



Considerazioni conclusive

Il valore di dose valutato non costituisce in alcun modo un pericolo per la popolazione perché trascurabile rispetto al fondo naturale di radiazione (mediamente 2-3 mSv/anno in Italia). Inoltre, la normativa vigente - D.Lgs. 230/95 e s.m.i., Allegato I - afferma che una pratica può essere considerata priva di rilevanza radiologica, quando la dose efficace a cui si prevede sia esposto un qualsiasi individuo della popolazione, che non mette in atto misure di prevenzione e protezione, sia pari o inferiore a 10 μ Sv/anno.

La valutazione di dose calcolata è comunque sovrastimata perché:

- ciascuna delle ipotesi di computo è conservativa;
- basata sull'attività specifica di 40000 Bq/kg, circa 23 volte superiore a quanto misurato direttamente;
- ottenuta ipotizzando una concentrazione di cenere in aria per manipolazione pari a circa 1963 mg/m^3 , molto superiore a quella raccomandata dagli organismi internazionali ACGIH, NIOSH, UE, da qualche mg/m^3 ad una decina di mg/m^3 , per non essere esposti ai rischi acuti dovuti alla presenza della sola cenere non radioattiva. Questi effetti acuti sono generalmente quelli a carico dell'apparato respiratorio e degli occhi: mal di gola, tosse, sensazione di bruciore, difficoltà respiratoria, arrossamento e lesioni agli occhi. Pertanto, l'esposizione ad una concentrazione di cenere in aria corrispondente al valore valutato di dose efficace impegnata per inalazione, comporterebbe gravi danni da effetti acuti non dovuti alla presenza di radioattività. In altri termini, la protezione del sistema respiratorio e degli occhi dagli effetti acuti della cenere non radioattiva, nonché il fatto di non voler sporcare eccessivamente i locali di cenere, assicura la protezione della salute, via inalazione, dalla radioattività in essa contenuta.

Pavia, 7 luglio 2009

Gli Esperti Qualificati

Dott. Sergio Manera
(III° grado, n. ordine 377)

Ing. Dante Milani
(II° grado, n. ordine 2149)